

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Documentos

ISSN 0103 - 0205
Setembro, 2000

77

**MICROORGANISMOS ENTOMOPATOGÊNICOS
ASSOCIADOS A INSETOS E ÁCAROS DO
ALGODOEIRO**



Embrapa



ISSN 0103-0205
Setembro, 2000

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Algodão

Documentos 77

Microorganismos Entomopatogênicos
Associados a Insetos e Ácaros do Algodoeiro

Carlos Alberto Domingues da Silva

Campina Grande, PB.
2000

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Algodão
Rua Osvaldo Cruz, 1143 – Centenário
Caixa Postal 174
CEP 58107-720 - Campina Grande, PB
Telefone: (83) 3315-4300
Fax: (83) 3315-4367
algodao@cnpa.embrapa.br
<http://www.cnpa.embrapa.br>

Comitê de Publicações

Presidente: Alderi Emídio de Araújo

Secretária: Nívia Marta Soares Gomes

Membros: Eleusio Curvelo Freire

Francisco de Sousa Ramalho

José da Cunha Medeiros

José Mendes de Araújo

José Wellington dos Santos

Lúcia Helena Avelino Araújo

Malaquias da Silva Amorim Neto

Supervisor Editorial: Nívia Marta Soares Gomes

Revisão de Texto: Nísia Luciano Leão

Tratamento das Ilustrações: Oriel Santana Barbosa

Capa: Flávio Tôrres de Moura/Maurício José Rivero Wanderley

Editoração Eletrônica: Oriel Santana Barbosa

1ª Edição

1ª impressão (2000) 300 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610)

EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande, PB)

Microorganismos entomopatogênicos associados a insetos e ácaros do algodoeiro, por Carlos Alberto Domingues da Silva. Campina Grande, 2000.

42p. (Embrapa Algodão. Documentos, 77)

1. Algodão - Pragas. 2. Ácaros. I. Título. II. Série.

CDD 633.51

© Embrapa 2000

Autores

Carlos Alberto Domingues da Silva
M.Sc., Eng. agrôn., da Embrapa Algodão, Rua Osvaldo Cruz, 1143,
Centenário, CEP 58107-720, Campina Grande, PB, E-mail:
carlos@cnpa.embrapa.br

Apresentação

As pragas constituem fator importante para a lavoura do algodoeiro, e se não controladas eficientemente e em tempo hábil podem induzir danos significativos à produção. São as pragas também, as grandes responsáveis pelo aumento do custo de produção do algodoeiro e do elevado custo ambiental do ecossistema cotonícola, dada a necessidade de um grande número de pulverizações com inseticidas a fim de mantê-las abaixo dos níveis de dano econômico. A Embrapa tem preconizado o manejo integrado de pragas, onde a combinação de diferentes métodos de controle permitem a redução do uso de produtos químicos, com efeitos benéficos para o ambiente e benefícios econômicos para o produtor. O controle biológico de pragas do algodoeiro através do uso de microorganismos entomopatogênicos constitui uma das ferramentas do manejo integrado. A identificação e estudo do potencial de controle biológico destes organismos é de fundamental importância para o incremento do uso efetivo deste método. Esta publicação apresenta diferentes microorganismos associados a pragas importantes do algodoeiro e discute a sua utilização no controle biológico.

Eleusio Curvelo Freire
Chefe Geral da Embrapa Algodão

Sumário

Microorganismos Entomopatogênicos Associados a Insetos e Ácaros do Algodoeiro	11
Introdução	11
Controle Biológico	12
Principais Microorganismos Entomopatogênicos Associados a Insetos e Ácaros do Algodoeiro	13
Principais Insetos e ácaros do Algodoeiro e seus Microorganismos Entomopatogênicos	17
Considerações Finais	29
Referências Bibliográficas.....	30

Microorganismos Entomopatogênicos Associados a Insetos e Ácaros do Algodoeiro

Carlos Alberto Domingues da Silva

Introdução

Na cultura do algodão, é registrada mais de 1300 espécies de insetos e ácaros. Estima-se que o número de insetos-praga varia de 20 a 60, mas danos significantes são causados por 5-10 pragas-chave (BACHELOR e BRADLEY, 1989).

O surgimento de pragas está relacionado, principalmente, à simplificação do agroecossistema, pelo cultivo de extensas áreas com uma só espécie de planta. Nessa situação de monocultivo, a principal forma de controle dessas pragas tem sido feita pela utilização de inseticidas químicos. Esses inseticidas, além de caros, são freqüentemente aplicados de forma inadequada, ocasionando danos ao meio ambiente e a saúde do agricultor. No entanto, pode-se reduzir o efeito negativo desses inseticidas, através do manejo integrado de pragas, que consiste na utilização simultânea de diversas táticas de redução populacional dos insetos-praga, de forma econômica e harmoniosa com o meio ambiente (CROCOMO, 1990). A grande vantagem do MIP é que as pragas são consideradas como parte do sistema ecológico no qual a cultura se encaixa e portanto são controladas de modo a não alterar o balanço ecológico, o qual precisa ser mantido para

que novas pragas não venham a ocorrer, causando problemas (PEREIRA et al., 1998). Dessa maneira, a utilização do controle biológico, incluindo o uso de práticas culturais adequadas para promovê-lo, formam a base do manejo integrado, que pode ser complementado com a utilização de inseticidas químicos ou outras formas de controle de pragas. No Brasil, especialmente, na região nordeste os inimigos naturais entomófagos e os microorganismos entomopatogênicos devem ser incrementados e conservados (RAMALHO et al., 1984).

Objetivou-se com esse trabalho fornecer subsídios aos estudantes e profissionais da área agrônoma sobre os principais microorganismos entomopatogênicos associados à insetos e ácaros do algodoeiro.

Controle Biológico

Predadores, parasitóides e patógenos atuam como agentes de controle natural e quando bem manejados, podem regular populações de insetos fitófagos em vários agroecossistemas. Essa regulação, também conhecida por controle biológico, foi definida por DeBach (1964) como a ação de parasitóides, predadores e patógenos que mantêm a densidade populacional de outros organismos numa média mais baixa, em relação à que ocorreria na ausência destes. Na prática, o controle biológico pode ser autosustentável e se diferencia de outras formas de controle, porque atua dependendo da densidade da população da praga. Portanto, com o aumento da densidade populacional dos inimigos naturais, a densidade populacional das pragas tende a diminuir e vice-versa (DEBACH; ROSEN, 1991).

Do ponto de vista ecológico, a aplicação do controle biológico pode ser considerada uma estratégia válida para reestabelecer a biodiversidade funcional dos agroecossistemas, adicionando entomófagos e entomógenos ausentes, mediante as técnicas clássicas de introduções inoculativas ou pela incrementação de populações naturais de predadores, parasitóides e patógenos.

Como foi visto anteriormente, o controle biológico pode ser realizado de diversas formas e empregando diferentes espécies de organismos, inclusive insetos biorreguladores de pragas agrícolas. Entretanto, neste trabalho será dada maior ênfase ao controle microbiano.

Principais Microorganismos Entomopatogênicos Associados aos Insetos e Ácaros do Algodoeiro

Vírus

Os vírus, são partículas microscópicas, que interferem no metabolismo do hospedeiro, causando-lhe disfunção fisiológica. Estes microorganismos apresentam um "corpo" ou vírion de estrutura não muito complexa, composto de um ácido nucléico (DNA ou RNA, nunca os dois juntos) que contém informações necessárias para sua replicação na célula do hospedeiro e uma parte protéica que forma o capsídeo. O capsídeo, por sua vez, é formado de numerosas unidades polipeptídicas chamadas capsômeros. São parasitos intracelulares obrigatórios, que modificam a atividade das células, induzindo-as a produzirem material genético idêntico a eles próprios. O décimo sexto relatório do Comitê Internacional sobre Taxonomia de viroses (MURPHY et al., 1995) incluiu todas as viroses em uma ordem, 71 famílias, 9 subfamílias, 164 gêneros, mais de 3600 espécies e centenas de viroses não classificadas. Dentre as viroses patogênicas a insetos, muitas permanecem sem classificação, embora a maioria tenha sido enquadrada em 12 famílias virais, destacando-se três famílias, que são: Baculoviridae, Poxviridae e Reoviridae, as quais produzem corpos de inclusão no qual os virions são oclusos aleatoriamente (SIKOROWSKI e LAWRENCE, 1997). Muitas viroses de insetos estão subvencionadas a famílias de viroses de vertebrados, mas algumas estão em famílias de viroses específicas de insetos e outros invertebrados (Baculoviridae, Polydnaviridae e Ascoviridae).

Os vírus penetram no sistema digestivo dos insetos, através do alimento contaminado atingindo o intestino médio da larva, cujo ambiente alcalino

dissolve o alimento, liberando as partículas virais que iniciarão o processo de infecção das células epiteliais do intestino médio, se disseminando por todo o corpo por intermédio do sistema traqueal.

Os sintomas são variáveis, no entanto, a maioria das viroses ocasionam a perda do apetite, da mobilidade e da coloração da epiderme, liquifazendo as vísceras contidas no corpo do inseto.

Na cultura do algodão, embora tenham sido documentados diversos casos de doenças de etiologia viral, é na família Baculoviridae que se concentram mais importantes vírus utilizados no controle biológico de insetos-praga.

Bactérias

As bactérias são organismos microscópicos, unicelulares e procariontes, isto é, são desprovidas de núcleo individualizado e praticamente sem estruturas membranosas citoplasmáticas. A maioria das bactérias são heterótrofas, ou seja, não são capazes de produzir seu próprio alimento, podendo ou não apresentar movimentos próprios graças a presença de flagelos. O material genético bacteriano é representado por um longo DNA circular. A reprodução se faz por divisão direta ou bipartição, podendo ocorrer transferência de material genético entre bactérias, através dos processos de conjugação, transformação ou transdução. A conjugação consiste na troca de segmentos de DNA entre bactérias. A transformação ocorre através da absorção, por uma bactéria viva, do DNA de uma bactéria morta, enquanto que a transdução consiste na transferência do material genético de uma bactéria para outra através de um bacteriófago. As bactérias pertencem à divisão Schizomycophyta ou Bacteriophyta, possuindo os seguintes caracteres morfológicos: cocos, bacilos, espirilos e vibriões.

Embora sejam conhecidas centenas de espécies de bactérias associadas a insetos, são poucas aquelas que possuem características que permitem o seu uso no controle de insetos prejudiciais. As espécies entomopatogênicas

de maior importância concentram-se nas famílias Enterobacteriaceae e Bacillaceae, além de alguns gêneros da ordem Pseudomonadales (HABIB; ANDRADE, 1998).

Geralmente, os sintomas de insetos acometidos por infecções bacterianas são evidenciados pela perda do apetite, diarreia e vômito (TANADA e KAYA, 1993). A invasão da bactéria dentro da hemocele resulta na septicemia e morte do inseto. Os insetos mortos por bactérias usualmente escurecem e freqüentemente amolecem o tegumento, o qual permanece intacto. Os tecidos internos e órgãos são decompostos adquirindo uma consistência viscosa, havendo um super crescimento com grande número de bactérias.

As bactérias infectam os insetos geralmente diretamente pela cavidade e trato digestivo, sendo menos comum diretamente pelos ovos, tegumento e traqueia. Elas podem penetrar no inseto por intermédio de aberturas mecânicas produzidas por parasitóides e predadores. Dentro do canal alimentar, as bactérias produzem enzimas, lecithinase, proteinase, e chitinase, que danificam o epitélio do intestino médio, favorecendo a entrada da bactéria na hemocele (SIKOROWSKI; LAWRENCE, 1997).

Bactérias que produzem esporos e bactérias não esporulantes (FALCON, 1971) podem causar doenças em insetos-praga do algodão. Dentre essas, as bactérias esporulantes pertencentes ao gênero *Bacillus* são as mais importantes para o controle biológico.

Fungos

Os fungos são organismos de tamanho e formas variáveis. Podem ser unicelulares, como no caso das leveduras, ou constituídos por um conjunto filamentoso de micélio, por sua vez composto de células denominadas hifas, com parede constituída quimicamente de quitina e/ou celulose, além de açúcares, como as glucanas. As hifas podem ter um ou mais núcleos, contidos na mesma célula hifal, ou apresentar os núcleos em uma massa citoplasmática contínua sem os septos transversais (micélio cenocítico) (ALVES, 1998).

Diferentemente das bactérias, protozoários e vírus, os fungos podem infectar os insetos não somente pelo intestino, mas também pelos espiráculos e particularmente pela superfície do tegumento. Esta propriedade conduz a possibilidade teórica da infecção de insetos independente de sua atividade alimentar (FERRON, 1978; HAJEK; LEGER, 1994).

O ciclo das relações fungo-hospedeiro depende das condições ambientais, como temperatura, umidade, luz, radiação ultravioleta, assim como das condições nutricionais e suscetibilidade do hospedeiro, e apresenta as seguintes fases: adesão, germinação, formação de apressórios, formação do grampo, penetração, colonização, reprodução e disseminação (ALVES, 1998). Para a germinação do esporo e penetração do tubo germinativo no tegumento do inseto, há necessidade de elevada umidade e temperatura adequada no ambiente, portanto, as epizootias dependem destas condições climáticas favoráveis.

Os fungos se reproduzem assexuadamente ou sexualmente, embora o primeiro tipo de reprodução seja o mais comum (SIKOROWSKI; LAWRENCE, 1997). A reprodução assexuada, faz-se por meio de esporos que são formados por órgãos especiais chamados conídios, esporângios, ascos e basídios, conforme a espécie considerada.

A reprodução sexuada pode se dar pela união de núcleos depois da fusão dos gametas móveis (plasmogamia) ou depois de uma fusão do gameta macho móvel com o gameta estacionário feminino (oogamia), como ocorre em Mastigomycotina. A reprodução sexuada pode ocorrer também devido à fusão de ramificações hifais diferenciadas denominadas gametângios machos (anterídios) com estruturas femininas maiores (oogônios) (ALVES, 1998).

Os insetos infectados perdem a mobilidade e a coloração, apresentando o corpo rígido e quebradiço, podendo algumas vezes estar recoberto pelo micélio e esporos com aspecto e coloração típicos do entomopatógeno associado.

Na cultura do algodão, os principais fungos entomopatogênicos são: *Entomophthora* spp., *Cordyceps* spp., *Beauveria bassiana*, *Nomuraea rileyi*, *Metarhizium anisopliae* e *Verticillium lecanii*.

Protozoários

Os protozoários (do grego protos, "primeiro" e zoon, animal) são organismos unicelulares heterótrofos, eucarióticos com numerosas organelas cujas funções são semelhantes aos mais complexos órgãos multicelulares dos animais superiores. Os protozoários se reproduzem tanto sexualmente como assexuadamente, mas alguns grupos possuem uma ampla variedade de reprodução sexual ou assexuada. Em algumas espécies, a autogamia pode ser encontrada (SIKOROWSKI; LAWRENCE, 1997). A sua existência remonta certamente aos primeiros tempos do aparecimento da vida na Terra. De acordo com Lavine (1980) a classificação mais aceita atualmente agrupa os protozoários em sete filós: Sarcomstigophora, Labyrinthomorpha, Apicomplexa, Microspora, Ascetospora, Myxozoa e Ciliophora.

A maioria das associações entre protozoários entomógenos e insetos produzem infecções crônicas e subletais, implicando em uma redução da potência reprodutiva hospedeira (HURD, 1993). Muitas infecções de protozoários exibem sinais inespecíficos e sintomas de doenças, tais como lentidão, crescimento irregular, perda de apetite, mal formação de larvas, pupas e adultos, ou adultos com reduzido vigor, fecundidade e longevidade (SIKOROWSKI; LAWRENCE, 1997).

Principais Insetos e Ácaros do Algodoeiro e seus Microorganismos Entomopatogênicos

Os microorganismos podem estar presentes interna ou externamente ao corpo dos insetos, mantendo ou não relações complexas com os mesmos. A maioria das relações ecológicas entre microorganismos e insetos são construtivas, resultado em benefício aos insetos, aos microorganismos ou a ambos. Existem, porém, interações entre

microorganismos e insetos que se caracterizam pela obrigatoriedade da presença no inseto, prejudicando este último (parasitismo) (ALVES, 1998). Portanto, quando a interação envolve a participação de insetos benéficos, essa deverá ser evitada; porém quando a interação envolve a participação de insetos-praga, essa deverá ser explorada visando sua utilização para fins de controle biológico.

Neste trabalho, serão somente citados os principais insetos e ácaros do algodoeiro que ocorrem no Brasil.

Bicudo

Considerável atenção tem sido destinada aos microorganismos como alternativa potencial ao controle convencional do bicudo do algodoeiro, embora tenha sido pouco freqüente sua ocorrência em condições naturais. Dentre os microorganismos associados ao bicudo foram identificadas a bactéria *Serratia marcescens*, o vírus iridiescente Chilo (CIV), os protozoários *Glugea gasti* e *Mattesia grandis*, e os fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae*. A bactéria *S. marcescens* Bizio foi encontrada associada ao bicudo por McLaughlin e Keller (1964), a qual foi administrada via hemocéle e na forma oral, demonstrando sua patogenicidade contra adultos (SLATTEN; LARSON, 1967; OURTH; SMALLEY, 1980). O protozoário *Mattesia grandis* McLaughlin foi registrado pela primeira vez, ocasionando 100% de mortalidade em bicudos criados massalmente no México, sendo, posteriormente constatado em uma criação massal mantida em Stoneville, Mississippi. Ensaios de campo conduzidos por McLaughlin (1967) revelaram uma população de 55% de adultos do bicudo doentes, demonstrando que os esporos, adicionados ao estimulante alimentar (óleo de semente de algodão), podiam ser efetivos no controle dessa praga, sendo sua disseminação favorecida pela movimentação do inseto adulto no campo. Nas parcelas tratadas com o protozoário, observou-se um incremento na produção de 97%, comparando-se com a testemunha. McLaughlin, et al. (1969) observaram a possibilidade de reduzir populações hibernantes do bicudo, através da utilização de armadilhas para capturar adultos que se

dirigem às áreas de refúgio para entrar em diapausa. Nesse mesmo ano, McLaughlin registrou bicudos infectados pelo protozoário *G. gasti*, em criações de laboratório no Mississippi. As primeiras produções in vivo desses protozoários foram desenvolvidas por McLaughlin e Bell (1970), cujos bicudos adultos emergidos das larvas infectadas, morriam com 2-6 dias de idade. A utilização combinada do protozoário *M. grandis* com produtos químicos em subdosagens, mostraram-se também bastante efetivos no controle do bicudo (BELL e MCLAUGHLIN, 1970). Apesar dos resultados satisfatórios alcançados com a utilização desse protozoário no controle do bicudo, sua utilização em larga escala não se configurou, talvez em consequência do surgimento dos piretróides, a partir de 1978, os quais eram de baixo custo, altamente eficientes e, na época, não haviam informações sobre os efeitos colaterais advindos da sua utilização; ou talvez pelo fato, de que, para ser efetivo, o protozoário necessita ser ingerido pelo adulto do bicudo. McLaughlin et al. (1966) isolaram cinco bactérias (*Aerobacter cloacae*, *Serratia* sp., *Pseudomonas* sp., *Alcaligenes* sp., *Acromobacter* sp., *Klebsiella* sp., *Lactobacillus* sp. e *Bacillus* sp.) e fungos (*Aspergillus* sp., Prancha I-A; *Fusarium* sp., *Fusidium* sp., *Oedocephalum* sp. e *Penicillium* sp.) de adultos mortos do bicudo, entretanto as bactérias isoladas foram consideradas como parte integrante da flora intestinal desse curculionidae, enquanto os fungos foram testados e ocasionaram mortalidades variando de 25 à 60%, sete dias após a inoculação.

A susceptibilidade do bicudo aos fungos *Metarhizium anisopliae* (Prancha I-B) e *Nomuraea rileyi*, não é recente (registrada por Bell, em 1983); todavia a sua susceptibilidade ao fungo *B. bassiana* (Prancha I-C) é ainda mais antiga (registrada por McLaughlin, em 1962). McLaughlin (1962), demonstrou que *B. bassiana* infectava larvas, pupas e adultos do bicudo em condições de laboratório, cujos percentuais de mortalidade variaram de 69 a 100%, cinco dias após sua inoculação na concentração de $3,2 \times 10^8$ conídios/grama. Esforços para o uso desse fungo visando o controle de diversos insetos-praga tem historicamente sido inibidos pela ação da luz solar, que rapidamente inativa os conídios (ROBERTS e CAMPBELL, 1977). Entretanto, com o desenvolvimento de uma nova formulação



A - Adulto do bicudo infectado pelo fungo *Aspergillus* sp.



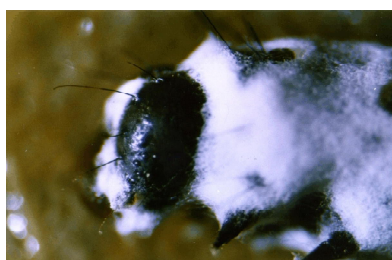
B - Adulto do bicudo infectado pelo fungo *M. anisopliae*



C - Adulto do bicudo infectado pelo fungo *B. bassiana*



D- Lagarta do curuquerê infectada pela bactéria *B. thuringiensis*



E - Lagarta do curuquerê infectada pelo fungo *B. bassiana*

PRANCHA I

(Naturalis-L) a base de *B. bassiana*, tornou-se possível sua utilização satisfatória em condições de campo. Essa formulação, desenvolvida nos Estados Unidos, vêm sendo empregada com sucesso no controle do bicudo, tanto em condições de laboratório (WRIGHT; CHANDLER, 1991; PARKER et al., 1994) como em condições de campo (FRAN ; SLOSSER, 1990; WRIGHT AND CHANDLER, 1992; WRIGHT, 1993; SCOTT et al., 1993; WRIGHT et al., 1993; BURRIS, 1994; PARKER et al., 1994; WRIGHT, 1994; WRIGHT; KNAUF, 1994). Wright (1993) testou a eficiência de um micoinseticida a base de *B. bassiana* no controle de adultos do bicudo nos anos de 1991 e 1992. De acordo com aquele autor, o controle do bicudo no tratamento pulverizado com micoinseticida não diferiu do tratamento pulverizado com inseticida químico no ano de 1991, sendo porém, um pouco menos eficiente no ano seguinte, quando comparado ao inseticida químico. Com a entrada do bicudo do algodoeiro no Brasil, diversas doenças de origem bacteriana, viral e micótica foram associadas a esse curculionidae (ANDRADE et al., 1984). Neste sentido, o fungo *B. bassiana* tem se destacado como um agente de controle biológico com potencial para ser empregado no controle de populações de adultos do bicudo do algodoeiro (COUTINHO; CAVALCANTI, 1988; COUTINHO; OLIVEIRA, 1991), já que sua ocorrência tem sido registrada em condições naturais enzooticamente (ANDRADE et al., 1984; PIEROZZI JÚNIOR; HABIB, 1993; CAMARGO et al., 1984). Estudos sobre a susceptibilidade do bicudo ao fungo *B. bassiana* (CAMARGO et al., 1985; MCLAUGHLIN, 1962), a viabilidade dos esporos isolados do Bicudo (BATISTA FILHO; CARDELLI, 1986) e a sua eficiência no controle desse curculionidae (GUTIERREZ, 1986; COUTINHO; CAVALCANTI, 1988; COUTINHO; OLIVEIRA, 1991; ALMEIDA; DINIZ, 1997, SILVA et al., 1999) têm sido executados, todavia, dados adicionais são necessários principalmente visando o desenvolvimento de veículos de aplicação contendo adjuvantes capazes de filtrar os raios ultra violeta, minimizando seus efeitos deletérios, bem como a utilização de óleos capazes de reduzir a dessecação dos esporos. Além de *B. bassiana*, *Metarhizium anisopliae* também tem sido estudado (JARAMILLO; ALVES, 1986; OLIVEIRA, 1991; HALL et al., 1994; OLIVEIRA et al., 1994; ALMEIDA; DINIZ, 1997).

Lagarta-das-maçãs

Acredita-se que a mortalidade de lagartas do gêneros *Heliothis* e *Helicoverpa* devido a ação de patógenos generalistas, seja maior do que atualmente tem sido mensurado. Dentre esses patógenos, destacam-se os vírus da poliedrose nuclear (NPV) e o granulovírus, a bactéria *Bacillus thuringiensis* (Berliner), os fungos *Nomuraea* (Spicaria) *rileyi* (Farlow) Samson, *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorokin, *Entomophthora aulicae* e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin e os protozoários *Nosema heliothidis* e *Vairimorpha necatrix*. Nos Estados Unidos, os protozoários microsporídios *Nosema heliothidis* e *Vairimorpha necatrix* tem sido frequentemente registrados ocasionando doenças crônicas em populações de lagartas dos gêneros *Heliothis* e *Helicoverpa*, mas raramente ocasionando sua morte (YEARIAN et al., 1986).

Apesar de pouco documentado, a eficiência do controle natural realizado por fungos entomopatogênicos tem sido registrado em Namoi, Austrália, cujas infecções naturais de pupas de *Heliothis* sp. pelo fungo *B. bassiana* tem sido responsável por 20% de mortalidade (WILSON; GREENUP, 1977). No sul da Índia, as porcentagens de mortalidade desses lepidópteros-praga, devido a infecções ocasionadas pelo fungo *N. rileyi* tem variado, respectivamente de, 20, 28 e 37% nas culturas do tomate, feijão e feijão guandu (GOPALLAKRISHNAN; NARAYANAN, 1989). Epizootias de *E. aulicae* também tem sido documentada causando 48-100% de mortalidade de larvas de *H. zea* sobre sorgo (HAMM, 1980).

No que diz respeito ao controle biológico aplicado, diversos países no mundo, têm demonstrado a eficácia de formulações da bactéria *Bacillus thuringiensis*, do vírus da poliedrose nuclear e do fungo *B. bassiana*. Ao contrário de outros microorganismos, cuja utilização remonta a muitos séculos, a descoberta e a exploração das bactérias entomopatogênicas *B. thuringiensis* e *B. sphaericus* são eventos do século XX (DIAS, 1992). A bactéria *Bacillus thuringiensis* foi citada pela primeira vez por Ishiwata (1902), no Japão, causando mortalidade no bicho-da-seda, *Bombix mori*. Em 1915, Berliner, na Alemanha, descreveu a bactéria formadora de esporos

com o nome de *B. thuringiensis*, após ter registrado sua ocorrência infectando a traça-das-farinhas, *Anagasta kuehniella*. Em razão da sua alta patogenicidade contra lepidópteros, essa bactéria passou a ser comercializada na França, em 1938, com o nome de Sporeine, sendo, a partir dessa data, disseminada em todo mundo. Na década de 60, com desenvolvimento da sorologia flagelar por de Barjac e Bonnefoi (1962), ocorreu um grande avanço na sistemática e classificação dos *Bacillus* entomopatogênicos sendo descobertas diversas estirpes dessa bactéria, incluindo as subespécies *israelensis* e *tenebrionis*, patogênicas a dípteros e coleópteros, respectivamente. Em 1987 foram obtidas as primeiras plantas transgênicas, com a incorporação dos genes codificadores das proteínas tóxicas de *B. thuringiensis* em tabaco (ADANG et al., 1987; BARTON et al., 1987; VAECK et al., 1987) e em tomate (FISCHHOFF et al., 1987). Na planta de algodão, as primeiras inserções de genes do *B. thuringiensis* resultaram numa inadequada expressão da proteína no tecido da planta. Nos Estados Unidos, biólogos moleculares conseguiram, aumentar a expressão das proteínas produzidas pelas linhagens HD1 e HD73 no algodoeiro, cuja façanha foi conseguida através da alteração da codificação da seqüência de DNA, para que as proteínas ficassem mais compatíveis com a codificação genética preferida pelo sistema de síntese de proteínas da planta (PERLAK et al., 1991). Atualmente, as variedades transgênicas disponíveis no mercado, têm se mostrado extremamente tóxicas a lagartas dos principais lepidópteros-praga associados a cultura do algodão (*Heliothis* e *Helicoverpa*). Discussões sobre os efeitos colaterais advindos da incorporação de patógenos em plantas, principalmente em relação ao desenvolvimento de resistência pelas pragas, bem como seus efeitos sobre o terceiro nível trófico, em geral, tem demonstrado um menor impacto sobre as pragas e seus inimigos naturais, em comparação aos produtos químicos sintéticos utilizados até o momento. Em relação a utilização dessa bactéria como inseticida microbiano, sabe-se que os bioinseticidas à base de *B. thuringiensis* são os mais utilizados em todo o mundo, graças a sua comprovada eficiência no controle dos principais lepidópteros-praga associados ao algodoeiro. Outro agente biológico bastante utilizado nessa cultura é o vírus da poliedrose nuclear (VPN). O VPN

de *Heliothis* spp., também conhecido pelo nome de *Baculovirus Heliothis*, foi registrado, em 1975, nos EUA, com o nome comercial Elcar, pela Sandoz Inc., para uso em algodão, sendo, posteriormente registrado na Austrália para o controle de espécies de *Heliothis* em soja, sorgo, milho e tomate (IGNOFFO; COUCH, 1981). O controle de *Heliothis zea* tem sido efetivo em condições de campo, nas doses de $2,5 \times 10^{11}$ e $1,125 \times 10^{12}$ PIB/ha, respectivamente, para infestações moderadas e altas, com três pulverizações por ciclo de cultivo (IGNOFFO; COUCH, 1981; YEARIAN; YOUNG, 1982). Nos Estados Unidos, segundo Entwistle e Evans (1985) altas doses do vírus são necessárias para se obter aumento na produção de algodão, cuja quantidade aplicada deve ser superior a 5×10^{12} PIB/ha/ciclo de cultivo, para que a produção aumente linearmente com o aumento da dose viral. Outros estudos, demonstrando a eficiência do VPN no controle de elevadas populações de *Heliothis* tem sido demonstrado (KETUNUTI; PRATHONRUT, 1989; ROOM, 1979), embora em alguns poucos casos essa eficiência não tenha se confirmado (MCKINLEY, 1971). Na China, um VPN dessa espécie é produzido e formulado como pó-molhável na região de Wuhan, com uso em cerca de 15000 ha e utilizados como suspensões impuras no Vietnã e na África (MOSCARDI, 1998).

De maneira geral, os principais problemas encontrados no emprego de biopesticidas de origem bacteriana e viral, decorrem de diferenças na atividade dos microorganismos envolvidos, bem como, em relação ao grau de susceptibilidade e nível populacional do hospedeiro. A atividade dos biopesticidas de origem bacteriana e viral, geralmente tem demonstrado ser mais efetiva, quando são aplicados contra lagartas de lepidópteros desfolhadores, do que quando aplicados contra lagartas de lepidópteros que atacam estruturas (botões, flores e maçãs). Isto pode ser atribuído a menor superfície alimentar consumida pelas lagartas de estrutura, resultando, provavelmente, em um menor consumo e ingestão do patógeno. No caso dos fungos entomopatogênicos, esse fato não é de grande relevância, já que os fungos não precisam ser ingeridos para iniciar o processo de infecção. Outra variável responsável pela maioria dos insucessos obtidos em condições de campo, refere-se a aplicações inadequadas, contra elevadas populações de insetos-praga e/ou contra populações de lagartas de instares avançados. Nesses instares, as lagartas requerem maior quantidade de vírus e de tempo para morrer.

Com relação aos fungos entomopatogênicos, diversos trabalhos conduzidos nos Estados Unidos, México, Nicarágua, Paraguai, Egito, Turquia, Turquenistão e Austrália, tem demonstrado a eficácia do inseticida biológico Naturalis-L, a base de *B. bassiana*, no controle de *H. virescens* (WRIGHT; KNAUF, 1994; HINZ; WRIGHT, 1997).

Lagarta rosada

Nos Estados Unidos, antigos trabalhos de campo com gaiolas, utilizando a bactéria *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* visando o controle da lagarta rosada, tem demonstrado resultados variáveis (BELL; HENNEBERRY, 1980). No Egito, Abul-Nasr et al. (1978) isolaram as bactérias *B. thuringiensis* var. *finitimus* e *B. cereus* de lagartas mortas de *Pectinophora gossypiella*, enquanto no Paquistão, as bactérias isoladas foram *B. cereus* e *Streptococcus* sp. (CHEEMA; MUZAFFAR, 1979). Metwally et al. (1986) registraram a ocorrência de epizootias no campo provocadas por *B. cereus*, estimando porcentagens de mortalidade, variando de 53-81%.

O vírus da poliedrose citoplasmática foi isolado da lagarta rosada em cultura de laboratório, mas altas doses foram necessárias para obter uma DL_{50} . Ensaio de campo, no Arizona, utilizando isolados do vírus da poliedrose nuclear obtidos da lagarta *Autographica californica* (Speyer), foram pouco eficientes em reduzir populações da lagarta rosada (BELL; HENNEBERRY, 1980). No Egito, infecções virais ocasionaram 19,4% de mortalidade em populações de campo (METWALLY et al., 1986).

Curuquerê

A despeito da alta incidência natural de patógenos associados ao curuquerê do algodoeiro, poucos pesquisadores tem-se dedicado ao estudo desses agentes. A maioria dos trabalhos utilizando patógenos visando ao controle do curuquerê do algodoeiro têm sido conduzidos no Brasil. Entre os primeiros patógenos associados a essa praga, pode-se citar a bactéria *Pseudomonas aeruginosa*, cujas lagartas mortas foram isoladas da criação

estoque mantida no insetário do Instituto biológico de São Paulo (LIMA et al., 1962; LIMA et al., 1963). O vírus da poliedrose nuclear de *A. argillacea* foi detectado pela primeira vez no Brasil, em 1977, na região de Campinas (ANDRADE; HABIB, 1982), sendo, posteriormente, conduzidos alguns trabalhos sobre a sua ocorrência natural e os fatores bióticos relacionados com a dispersão do patógeno (ANDRADE, 1981; ANDRADE; HABIB, 1981) bem como os aspectos fisiopatológicos (ANDRADE et al., 1982) e histopatológicos (ANDRADE; HABIB, 1983) envolvidos na infecção de larvas. Todavia, os resultados mais promissores foram obtidos com a bactéria *B. thuringiensis* (Prancha I-D), cujos estudos de patogenicidade e eficiência no controle da praga (FIGUEIREDO et al. 1960; ANDRADE; HABIB, 1983; YAMAMOTO et al., 1990; BLEICHER et al., 1990) foram bastante promissores. Com relação aos fungos entomopatogênicos, estudos conduzidos por Silva (dados não publicados) tem demonstrado a susceptibilidade dessa praga aos fungos *B. bassiana* (Prancha I-E) e *M. anisopliae*.

Pulgões

Os fungos entomopatogênicos pertencentes a ordem Entomophthorales, formam um grupo particularmente interessante de organismos benéficos (PAPIEROK, 1987) cuja presença, em geral, independe da densidade hospedeira. Cinco gêneros principais tem sido encontrados sobre afídeos na cultura do algodão, que são: *Conidiobolus*, *Entomophthora*, *Erynia*, *Neozygites* e *Zoophthora*. Dentre os fungos pertencentes ao gênero *Neozygites*, a espécie *fresenii* merece destaque, já que observações de campo têm mostrado alta incidência desse patógeno infectando ninfas e adultos do pulgão *Aphis gossypii*, em diversos países africanos, tais como Burundi, Côte d'Ivoire, Uganda, Tanzânia e Togo, além de ser considerado o principal agente de controle biológico de pulgões associados ao algodoeiro nos Estados Unidos e no Chad. No Chad, Silvie e Papierok (1991) observaram decréscimos acentuado na densidade populacional de pulgões nos meses de agosto, setembro e outubro, coincidindo, justamente com aumentos nos níveis de infecção por *Neozygites fresenii* (acima de 70%).

Nos Estados Unidos, epizootias provocadas pelo fungo *N. fresenii* tem sido bastante estudada (SANCHES-PENA, 1993; O'BRIEN et al., 1993; STEINKRAUS et al., 1995 a, b; STEINKRAUS; ROSENHEIM, 1995; STEINKRAUS et al., 1991) devido a sua capacidade em dizimar populações de pulgões. Geralmente, a previsão da incidência desse fungo (STEINKRAUS; HOLLINGSWORTH, 1994; HOLLINGSWORTH et al., 1995; STEINKRAUS et al., 1996; STEINKRAUS; BOYS, 1997; STEINKRAUS et al., 1999) tem sido utilizada para reduzir a aplicação de inseticidas na cultura do algodão. Assim, se o nível populacional da praga for permissível (STEINKRAUS; LORENZ, 1997), as condições climáticas forem favoráveis ao desenvolvimento de epizootias e forem registrados focos iniciais da doença, o Serviço de Previsão de Epizootias (STEINKRAUS; BOYS, 1998), criado pelo Departamento de Entomologia da Universidade de Arkansas, recomenda que o cotonicultor suspenda a utilização de inseticida para controlar os pulgões, já que seu uso seria desnecessário. No Brasil, apesar desse gênero ter sido documentado ocasionando epizootias na cultura da mandioca, sobre o ácaro verde *Mononychellus tanajoa* Bondar, não existem registros de incidência desse patógeno infectando pulgões e/ou ácaros do algodoeiro.

Mosca branca

Diversas espécies de fungos entomopatógenos são citados como agentes de controle biológico da mosca branca, entre os quais pode-se citar: *Verticillium lecanii*, *Aschersonia aleyrodis*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Orthomyces aleyrodis*, *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*. Rao et al. (1989), na Índia, demonstraram a eficiência dos fungos entomopatógenos *Aspergillus* sp., *Paecilomyces* sp. e *Fusarium* sp. cuja alta incidência em novembro, reduziram a densidade populacional de ovos, ninfas e adultos da mosca branca, respectivamente, em níveis de 40, 19 e 87%. Embora tenham sido citados diversas espécies de fungos associados a mosca branca, é a espécie *B. bassiana* que mais tem se destacado no controle dessa praga, principalmente em trabalhos de campo utilizando o micoinseticida Naturalis-L (AKEY et al., 1998; KENNEDY, 1994; AKEY; HENNEBERRY, 1994; KNAUF; WRIGHT, 1994).

Ácaro rajado

Os fungos são patógenos mais freqüentemente encontrados em populações de *Tetranychus urticae*, contribuindo para o seu controle em diferentes culturas. Os estudos para a utilização destes patógenos estão restritos a *Hirsutella thompsonii* Fisher, *B. bassiana*, *V. lecanii* e as várias espécies pertencentes à ordem Entomophthorales (TAMAI, et al., 1999). Apesar de bastante estudado visando o controle de outros insetos-praga, o potencial de *B. bassiana* como micoacaricida tem sido pouco explorado. Tamai (1997) selecionou oito isolados de *B. bassiana* com alta patogenicidade para *T. urticae*, entre 152 isolados testados dos fungos *Beauveria* spp., *M. anisopliae* e *Paecilomyces* spp. Na cultura do algodão, diversos trabalhos conduzidos em condições de campo tem demonstrado a eficiência do micoinseticida Naturalis-L, no controle do ácaro rajado (ALLEN et al., 1997; HINZ; WRIGHT, 1997). De acordo com Hinz e Wright (1997) no tratamento pulverizado com o micoinseticida foram encontrados 7,5 vezes menos ovos/folha do ácaro em relação a testemunha, demonstrando a eficiência desse fungo no controle do ácaro.

Outros insetos

No Brasil, o primeiro registro de insetos-praga do algodoeiro infectados por fungos entomopatogênicos foi citado por Hambleton (1937). De acordo com esse autor exemplares adultos da broca-do-algodoeiro, *Eutinobothrus brasiliensis* (HAMBLETON, 1937) destinados a criação foram encontrados atacados pelos fungos *Botrytis* sp. (*B. bassiana*) e *Verticillium* sp.

Na Espanha, região de Andaluzia, Caballero et al. (1989) efetuou o levantamento populacional de lagartas do gênero *Agrotis* nas culturas do milho, algodão, fumo e outras culturas vegetais associado a parasitóides e patógenos. O autor identificou uma espécie do patógeno *Steinernema* sp. infectando *A. ipsilon* (HUFNAGEL, 1767) (Lepidoptera, Noctuidae).

Na Argentina, a bioecologia de *Dysdercus albofasciatus* foi estudada em *Pavonia malvacea*. Os principais inimigos naturais do percevejo manchador incluem o fungo do gênero *Empusa* (Entomophthora) e uma espécie de tachinideo pertencente ao gênero *Acaulona* (STADLER et al., 1987).

Considerações Finais

Através de práticas agrícolas, o agricultor tem modificado os agroecossistemas, transformando-os em comunidades simples. Nesses ambientes, a ausência de agentes de controle biológico tem favorecido o crescimento populacional de pragas e para combatê-las, tem-se recomendado a adoção do Manejo Integrado; entretanto, o que se observa, na atualidade, é a utilização intensiva e continuada de inseticidas químicos de largo espectro. Esse uso contínuo e difundido de inseticidas químicos exerce forte pressão de seleção sobre diferentes espécies de pragas, tornando-as cada vez mais tolerantes a esses produtos e gerando tendências de se aplicarem dosagens mais altas e mais freqüentes de inseticidas. Portanto, se métodos alternativos de controle não forem adotados, no prazo de poucos anos, o controle químico de pragas, associadas ao algodoeiro será inviabilizado.

Apesar de recentes, os problemas de conservação da qualidade do meio ambiente, tem despertado maior interesse por parte da sociedade brasileira. Inúmeros movimentos de alerta, têm surgido e ganhado importância. Localizado na região tropical, o Brasil ocupa posição de destaque em relação à sua biodiversidade e, principalmente, à riqueza de microrganismos úteis à sua agricultura. As condições climáticas predominantes, de temperatura e umidade, em geral, favorecem o desenvolvimento, a multiplicação e a dispersão desses agentes de controle biológico, evidenciando o grande potencial para sua exploração, condições em que o controle biológico, através da utilização de microrganismos, pode tornar-se uma estratégia duradoura, garantindo um controle de baixo custo e com mínimo impacto ambiental.

Como foi visto neste trabalho, diversos são os exemplos de sucesso da utilização de microrganismos no controle de pragas associadas ao algodoeiro, possibilitando a manipulação e incorporação de parte dos genomas de patógenos de insetos, diretamente no genoma das plantas cultivadas, tornando-as resistentes às pragas. Acredita-se que o futuro da cotonicultura comercial de grande escala, envolvendo extensas áreas de monocultivo com problemas complexos de pragas, dependerá, cada vez menos, dos inseticidas químicos.

Referências Bibliográficas

- ABUL-NASR, S. E.; TAWFIK, M. F. S.; AMMAR, E. D.; FARRAG, S. M. Occurrence and causes of mortality among active and resting larvae of *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Giza, Egypt. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, v. 86, p. 403-414, 1978.
- ADANG, M. J.; FIROZABADY, E. F.; KLEIN, J.; DeBOER, D.; SEKAR, V.; KEMP, J. D.; MURRAY, E.; ROCHELEAU, T. A.; RASHKA, K.; STAFFELD, G.; STOCK, C.; SUTTON, D.; MERLO, D. J. Expression of a *Bacillus thuringiensis* insecticidal crystal protein gene in tobacco plants. In: ARNTZEN, C. Y.; RYAN, C. eds. *Molecular Strategies for crop protection*. New York: Allan Lins, 1987, v. 48, p. 345-353. (UCLA Symposia on Molecular and Cellular Biology).
- AKEY, D. H.; HENEBERRY, T. J. Sweetpotato whitefly control by Naturalis-L, the fungus *Beauveria bassiana*, in furrow and sub-drip irrigated upland cotton. *Proceedings Beltwide Cotton Conference Memphis, Tennessee: National Cotton Council of America, 1991-1994*. v. 2, p. 1089-1091, 1994.
- AKEY, D. H.; HENEBERRY, T. J.; DUGGER, P.; RICHTER, D. Control of silverleaf whitefly with the entomopathogenic fungi, *Paecilomyces fumosoroseus* and *Beauveria bassiana* in upland cotton in Arizona. *Proceedings Beltwide Cotton Conferences, San Diego*, v. 2, p. 1073-1077, 1998.
- ALLEN, C. T.; FRIZZELL, S.; EARNEST, L. Control of two spotted mite with various insecticides. *Proceedings of the 1997 cotton research meeting and 1997 summaries of cotton research in progress, Arkansas Cotton Research Meeting*. Fayetteville, Arkansas: Arkansas Agricultural Experiment Station, p. 181-183, 1997.
- ALMEIDA, R. P. de; DINIZ, M. S. Eficiência de fungos entomopatogênicos no controle do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman 1843 (Coleoptera: Curculionidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 1., 1997, Fortaleza. *Algodão irrigado: anais*. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997. p. 233-236.

- ALVES, S. B. Controle microbiano de insetos. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. 1163 p.
- ANDRADE, C. F. S. Estudos ecológicos e patológicos da poliedrose nuclear de *Alabama argillacea* (Hubner, 1818) (Lep., Noctuidae). 1981. 153 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campina, Campinas.
- ANDRADE, C. F. S.; BRITTO, L. R. G.; HABIB, M. E. M. Aspectos eletrofisiológicos em larvas de *Alabama argillacea* (Hubner, 1818) infectadas pelo vírus da poliedrose nuclear. Revista de Agricultura, v. 57, n. 4, p. 247-256, 1982.
- ANDRADE, C. F. S.; HABIB, M. E. M. Ocorrência e dispersão da poliedrose nuclear do curuquerê do algodão *Alabama argillacea* (Hubner, 1818) (Lep., Noctuidae). Revista de Agricultura, v. 57, n. 4, p. 233-246, 1982.
- ANDRADE, C. F. S.; HABIB, M. E. M. Patologia da poliedrose nuclear do curuquerê do algodão *Alabama argillacea* (Hubner, 1818) (Lep., Noctuidae). Revista de Agricultura, v. 58, n. 4, p. 269-290, 1983.
- ANDRADE, C. F. S.; HABIB, M. E. M. Vírus da poliedrose nuclear de *Alabama argillacea*. Estudos de susceptibilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 7., 1981, Fortaleza. Anais ... Fortaleza: SBE, 1981. p. 150.
- ANDRADE, C. F. S.; PIEROZZI JUNIOR, I.; HABIB, M. E. M. Ocorrência natural de doenças infecciosas em populações do "bicudo" *Anthonomus grandis* Boheman, 1843. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 9, 1984, Londrina. Anais ... Londrina:SBE, 1984. p. 154.
- BACHELOR, J. S.; BRADLEY, J. R. Evaluation of boll worm action thresholds in the absence of the boll weevil in North Carolina: the egg concept. In: BELTWIDE COTTON PRODUCTION RESEARCH, 1989, Memphis. Proceedings... Memphis: National Cotton Council of America, 1989. p. 308-311.
- BARJAC, H. de; BONNEFOI, A. Essai de classification biochimie et serologique de 24 souches de *Bacillus* du type *thuringiensis*. Entomophaga, v. 7, n. 2, p. 5-32, 1962.

BARTON, K. A.; WHYTELEY, H. R.; YANG, N. S. *Bacillus thuringiensis* delta endotoxin expressed in transgenic *Nicotiana tabacum* provides resistance to lepidopteran insects. *Plant Physiology*, v. 85, p. 1103-1109, 1987.

BATISTA FILHO, A.; CARDELLI, M. A. Viabilidade dos esporos de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin isolados do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman), obtidos em diferentes meios de cultura e armazenados a diferentes temperaturas. *O Biológico*, São Paulo, v. 52, n. 4/6, p. 57-59, 1986.

BELL, M. R.; HENNEBERRY, T. J. Entomopathogens for pink bollworm control. In: GRAHAM, H.M. (Ed.). *Pink Bollworm control in the Western United States*. US Department of Agriculture, Science and Education Administration, ARM-W-16, 1980. p. 76-81.

BELL, M. R.; McLAUGHLIN, R. E. Influence of the protozoan *Mattesia grandis* Mclaughlin on the toxicity to the boll weevil of four insecticides. *Journal Economic Entomology*, Menasha, v. 63, n. 1, p. 266-269, 1970.

BERLINER, E. Eber die schlaffsucht der Mehlmottenraupe. (*Ephesia kuehniella* Zell.) und ihren Erreger *Bacillus thuringiensis*, n. sp. *Z. ang. Entomol.* v. 2, p. 29-56, 1915.

BLEICHER, E.; JESUS, F. M. M. de; SOUZA, S. L. de. Uso de inseticidas seletivos no controle do curuquerê-do-algodoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 25, n. 2, p. 277-280, 1990.

BLEICHER, E.; JESUS, F. M. M. Manejo das pragas do algodoeiro herbáceo para o Nordeste brasileiro. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1983. 26 p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 8).

BURRIS, E. Evaluation of Naturalis-L in small plots in the Northeast Louisiana Delta environment. *Proceedings Beltwide Cotton Conference Memphis, Tennessee: National Cotton Council of America*, 1991-1994. v. 2, p. 1102, 1994.

CABALLERO, P.; OSUNA, E. V.; ALVAREZ, S. C. Presence of cutworms on various crops in Andalusia and Extremadura and their associated parasitoids and pathogens. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*. v. 15, n. 1, p. 3-7, 1989.

CAMARGO, L. M. P. C. A.; BATISTA FILHO, A.; CRUZ, B. P. B. Ocorrência do fungo *Beauveria* sp. patogênico ao "bicudo" do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman) na região de Campinas, Estado de S. Paulo. *O Biológico*, São Paulo, v. 50, p. 65-68, 1984.

CAMARGO, L. M. P. C. A.; BATISTA FILHO, A.; CRUZ, B. P. B. Susceptibilidade do "bicudo" do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman) à ação dos fungos *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin. *O Biológico*, São Paulo, v. 51, n. 8, p. 205-208, 1985.

CAMPOS, A. R. Táticas de manejo integrado de *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) no algodoeiro: seletividade de inseticidas, eficiência de *Bacillus thuringiensis* e artrópodos benéficos. 1981. 72 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Paulista de Jaboticabal.

CHEEMA, A.; MUZAFFAR, N. Pathogens associated with the pink bollworm in Pakistan. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences*, v. 16, p. 43-44, 1979.

COUTINHO, J. L. B.; CAVALCANTE, V. A. L. B. Utilização do fungo *Beauveria bassiana*, no controle biológico do bicudo do algodoeiro em Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 23, p. 455-461, 1988.

COUTINHO, J. L. B.; OLIVEIRA, J. V. de. Patogenicidade do isolado I-149Bb de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil. a adultos de *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 20, n. 1, p. 199-207, 1991.

CROCOMO, W. B. Manejo integrado de pragas. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1990. p.

DE BACH, P.; ROSEN, D. Biological control by natural enemies. Cambridge: Cambridge University Press. 1991.

DE BACH, P. Biological control of insect pests and weeds. New York: Reinhold, 1964. 844 p.

DIAS, J. M. C. de S. Produção e utilização de biopesticidas bacterianos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 27, p. 59-76, 1992.

ENTWISTLE, P. F.; EVANS, F. Viral control. In: KERKUT, G. A. GILBERT, L. I. (Ed.). Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology. Pergamon Press, Oxford. 1985. v. 12. p. 347-412.

FALCON, L. A. Use de bacteria for microbial. In: BURGESS, H. D.; HUSSEY, N.M. (Ed.). Microbial control of insects and mites. New York, Academic Press, 1971. p. 67-95.

FERRON, P. Biological control of insects pests by entomogenous fungi. Annual Review of Entomology, v. 23, p. 409-442, 1978.

FIGUEIREDO, M. B.; COUTINHO, J. M.; ORLANDO, A. Novas perspectivas para o controle biológico de algumas pragas com *Bacillus thuringiensis*. Arquivos do Instituto Biológico, v. 27, p. 83-90, 1960.

FISCHHOFF, D. A.; BOWDISH, K. S.; PERLAK, F. J.; MARRONE, P. G.; McCORNIC, S. M.; NIEDERMEYER, N. G.; DEAN, D. A.; KUSANOKREZMER, K.; MAYER, E. J.; ROCHESTER, D. E.; ROGERS, S.; BRAUN, S. Insect tolerant transgenic tomato plants. Biotechnology, v. 5, p. 807-813, 1987.

FRANK, W. A.; SLOSSER, J. E. Efficacy of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin to control overwintering boll weevils, *Anthonomus grandis* Boheman. Southwestern Entomologist, v. 15, n. 1, p. 77-78, 1990.

GOPALAKRISHNAN, C.; NARAYANAN, K. Epizootiology of *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson in field populations of *Helicoverpa armigera* Hübner in relation to three host plants. *Journal of Biological Control*, v. 3, p. 50-52, 1989.

GUTIERREZ, G. S. Bioecologia de *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) e seu controle com *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. 1986. 107 p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

HABIB, M. E. M.; ANDRADE, C. F. S. Bactérias entomopatogênicas. In: ALVES, S. B. (Ed.). Controle microbiano de insetos. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 383-446.

HAJEK, A. E, LEGER, R. J. St. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. *Annual Review of Entomology*, v. 39, p. 293-322, 1994.

HAMBLETON, E. J. A broca do algodoeiro do Brasil *Gasterocercoles brasiliensis* Hambleton (Coleoptera: Curculionidae). *Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo*, v. 8, n. 4, p. 47-73, 1937.

HAMM, J. J. Epizootics of *Entomophthora aulicae* in lepidopterous pests of soybean. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 36, p. 60-63, 1980.

HINZ, S. E.; WRIGHT, J. E. Naturalis-L: a biological product (*Beauveria bassiana* JW-1) for the control of cotton pests. *Proceedings Beltwide Cotton Conferences, New Orleans*, p. 1300-1302, v. 2, 1997.

HURD, H. Reproductive disturbances induced by parasites and pathogens of insects, p. 87-93. In: BECHAGE, N. E; THOMPSON, S.N.; FEDERICI, B.A. (Ed.). *Parasites and pathogens of insects*, San Diego, v. 1, 1993.

IGNOFFO, C. M. Environmental factors affecting persistence of entomopathogens. *Florida Entomologist*. v. 75, n. 4, p. 516-525, 1992.

IGNOFFO, C. M.; COUCH, T. L. The nucleopolyhedrosis virus of *Heliothis* species as a microbial insecticide. In: H. D. BURGESS (Ed.). *Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980*. New York, Academic Press, 1981. p. 329-362

KENNEDY, F. G. International results with Naturalis-L for control of sweetpotato whitefly (silverleaf whitefly). Proceedings Beltwide Cotton Conference Memphis, Tennessee: v. 2, p. 1111-1112, 1994.

KETUNUTI, U.; PRATHOMRUT, S. Cotton bollworm larvae control by *Heliothis armigera* nuclear *polyhedrosis virus*. In: ASIA PACIFIC CONFERENCE OF ENTOMOLOGY, 1989, Thailand. Abstract ... Thailand: The Secretariat APCE, 1989. p.16.

KNAUF, T. A.; WRIGHT, J. E. *Beauveria bassiana* (ATCC 74040): control of insect pests in field crops and ornamentals. Proceedings-Brighton Crop Protection Conference, Pests and Diseases, v. 3, p. 1103-1108, 1994.

LAVINE, N. D. Recent advances in classification of Protozoa. In: SYMPOSIUM IN AGRICULTURE, 2. 1978, Beltsville. Proceedings ... Beltsville. 1978. p. 71-87.

LIMA, A.; PEREIRA, G.; ZAGATTO, A. G. Estudos comparativos entre um germe isolado da lagarta do curuquerê (*Alabama argillacea* Hubner) e *Pseudomonas aeruginosa* (Shroeter) Migula. Arquivos do Instituto Biológico, v. 30, p. 77-81, 1963.

LIMA, A.; PEREIRA, G.; ZAGATTO, A. G. Identificação do agente etiológico (*Pseudomonas septica* Bergey) responsável pela destruição do curuquerê (*Alabama argillacea* Hubner) Arquivos do Instituto Biológico, v. 29, p. 153-158, 1962.

McKINLEY, D. J. Nuclear polyhedrosis virus of the cotton bollworm in Central África. Cotton Growing Review, v. 48, p. 297-303, 1971.

McLAUGHLIN, R. E. Infectivity tests with *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin on *Anthonomus grandis* Boheman. Journal Insect Pathology, v. 1, p. 386-388, 1962.

McLAUGHLIN, R. E. Development of the bait principle for boll weevil control II. Field-cage tests with a feeding stimulant and protozoan *Mattesia grandis*. Journal Invertebrate Pathology, v. 9, p. 70-77, 1967.

McLAUGHLIN, R. E.; BELL, M. R. Mass production in vivo of two protozoan pathogens, *Mattesia grandis* and *Glugea gasti*, of the boll weevil, *Anthonomus grandis*. *Journal Invertebrate Pathology*, New York, v.16, p. 84-88, 1970.

McLAUGHLIN, R. E.; BELL, M. R.; VEAL, S. D. Bacteria and fungi associated with dead boll weevil (*Anthonomus grandis*) in natural population. *Journal Invertebrate Pathology*, New York, v. 8, p. 401-408, 1966.

McLAUGHLIN, R. E.; CLEVELAND, T. C.; DAUM, R. J.; BELL, M. R. Development of the bait principle for boll weevil control IV. Field tests with a bait containing a feeding stimulant and the *sporozoans* *Glugea gasti* and *Mattesia grandis*. *Journal Invertebrate Pathology*, v. 13, p. 429-441, 1969.

McLAUGHLIN, R. E.; KELLER, J. C. Antibiotic control of an epizootic caused by *Serratia marcescens* Bizio in the boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman. *Journal Insect Pathology*, New York, v. 6, p. 481-485, 1964.

METWALLY, A. G.; EL-LAKWAH, F. A.; SHALABY, F. F.; EL-GEMELY, H.M. Natural role of diseases against the pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saund.) in Egyptian cotton fields. *Agricultural Research Review*, Cairo, v. 61, p. 1-21, 1986.

MOSCARDI, F. Utilização de vírus entomopatogênicos em campo. In: ALVES, S.B. (Ed.). *Controle microbiano de insetos*. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.509-540.

MURPHY, F. A.; FAUQUET, C. M.; BISHOP, D. H. L.; GABRIEL, S. A.; JARVIS, A. W.; MATELLI, G. P.; MAYO, M. A.; SUMMERS, M. D. Virus taxonomy; classification and nomenclature of viruses. Sixth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Wien Springer-Verlag, New York, NY. 1995. 586 p.

O'BRIEN, P. J.; STOETZEL, M. B.; NAVASERO, R. C.; GRAVES, J. B. Field biology studies of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Southwest Entomology*. Dallas, v. 18, n. 1, p. 25-35, 1993.

OURTH, D. D.; SMALLEY, D. L. Phagocytic and humeral immunity of the adult cotton boll weevil, *Anthonomus grandis* (Coleoptera, Curculionidae), to *Serratia marcescens*. *Journal Invertebrate Pathology*, New York, v. 36, p. 104-112, 1980.

PAPIEROK, B. Importance des champignons Entomophthorales dans la régulation naturelle des populations d'intérêt économique en zone tropicale. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent*, v. 52, p. 165-169, 1987.

PARKER, C. D.; LUTTRELL, R. G.; LAYTON, B.; JONES, R. G. Efficacy of Naturalis-L against boll weevil in laboratory and field experiments in Mississippi. *Proceedings Beltwide Cotton Conference Memphis*, v. 2, p. 1105-1110, 1994.

PEREIRA, R. M.; ALVES, S. B.; SOSA-GOMEZ, D. R.; MACEDO, N. Utilização de entomopatógenos no Manejo Integrado de Pragas. In: ALVES, S.B. (Ed.). *Controle microbiano de insetos*. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 1097-1118.

PERLAK, F. J.; DEATON, R. W.; ARMSTRONG, T. A.; FUNCHS, R. L.; SIMS, S. R.; GREENPLATE, J. T.; FISCHOFF, D. A. Insect resistant cotton plants. *Bio/Technology*, v. 8, p. 939-943, 1990.

PIEROZZI JUNIOR, I.; HABIB, M. E. M. Identificação de fatores de mortalidade natural dos estágios imaturos de *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae), na região de Campinas, SP. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 22, n. 2, p. 326-329, 1993.

RAMALHO, F. S.; JESUS, F. M. M.; BLEICHER, E. Manejo integrado de pragas e viabilidade do algodoeiro herbáceo no Nordeste. In: SEMINÁRIO SOBRE CONTROLE DE INSETOS, 1989, Campinas. *Anais... Campinas: SEB/FUNDAÇÃO CARGILL*, 1989. p. 112-123.

RAO, N. V.; REDDY, A. S.; RAO, K. T. Natural enemies of cotton whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius in relation to host population and weather factors. *Journal of Biological Control*, v. 3, n. 1, p. 10-12, 1989.

ROBERTS, D. W.; CAMPBELL, A. S. Stability of entomopathogenic fungi. *Micell. Pub. Entomol. Soc. Am.* v. 10, p. 19-76, 1977.

ROOM, P. M. A prototype 'on-line' system for management of cotton pests in the Naomi Valley, New South Wales. *Protection Ecology*, v. 1, p. 245-264, 1979.

SANCHEZ-PENA, S. R. Entomogenous fungi associated with the cotton aphid in the Texas high plains. *Southwest Entomology. Dallas*, v. 18, n. 1, p. 69-71, 1993.

SCOTT JUNIOR., A. W.; COOK, C. G.; WRIGHT, J. E.; REKTORIK, R. J. Response of diverse cotton germplasm to selected insect control in the Rio Grande Valley of Texas. *Proceedings Beltwide Cotton Conference Memphis*, v. 2, p. 598-600, 1993.

SIKOROWSKI, P. P.; LAWRENCE, A. M. Major diseases of *Heliothis virescens* and *Helicoverpa zea* in Mississippi fields and insectaries. *Mississippi: MAFES*, 1997. 58 p. (MAFES. Technical Bulletin, 218).

SILVA, C. A. D. da; COSTA, I. L. da; ARAÚJO, G. P. de. Selection of isolates of *Beauveria bassiana* pathogenic to cotton weevil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., 1999. Ribeirão Preto. O algodão no século XX, perspectivas para o século: anais... Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999, p. 335-337.

SILVIE, P.; PAPIEROK, B. Les ennemis naturels des insectes du cotonnier au Tchad. Premières données sur les champignons de l'ordre des Entomophthorales. *Coton et Fibres Tropicales*, v. 46, p. 293-303, 1991.

SLATTEN, B. H.; LARSON, A. D. Mechanism of pathogenicity of *Serratia marcescens*. I. Virulence for the adult boll weevil. *Journal Invertebrate Pathology, New York*, v. 9, p. 78-81, 1967.

STADLER, T.; MERE, C.; CAPPOZZO, H. L. La bionomia de *Dysdercus albofasciatus* Berg, 1978 (Hemiptera: Pyrrhocoridae), plaga del algodón: su ciclo de vida, alimentación, estrategias adaptativas y enemigos naturales. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*. v. 13, n. 2, p. 143-159, 1987.

STEINKRAUS, D. C.; BOYS, G. O. Aphid fungus sampling service: update. Proceedings of the 1998 cotton research meeting. special Report. Arkansas Agricultural Experiment Station, n.18, p. 55-59, 1998.

STEINKRAUS, D. C.; BOYS, G. O. Update on prediction of epizootics with extension-based sampling service: Proceedings Beltwide Cotton Conferences, New Orleans, v. 2, p. 1047-1048, 1997.

STEINKRAUS, D. C.; HOLLINGSWORTH, R. G. Predicting fungal epizootics on cotton aphids. Arkansas Farm Research, v. 34, n. 6, p. 10-11, 1994.

STEINKRAUS, D. C.; HOLLINGSWORTH, R. G.; BOYS, G. O. Aerial spores of *Neozygites fresenii* (Entomophthorales: Neozygitaceae): density, periodicity, and potential role in cotton aphid (Homoptera: Aphididae) epizootics. Environmental Entomology, v. 25, n. 1, p. 48-57, 1996.

STEINKRAUS, D. C.; HOLLINGSWORTH, R. G.; SLAYMAKER, P. H. Prevalence of *Neozygites fresenii* (Entomophthorales: Neozygitaceae) on cotton aphids (Homoptera: Aphididae) in Arkansas cotton. Environmental Entomology, v. 24, n. 2, p. 465-474, 1995.

STEINKRAUS, D. C.; HOWARD, M. N.; HOLLINGSWORTH, R. G.; BOYS, G. O. Infection of sentinel cotton aphids (Homoptera: Aphididae) by aerial conidia of *Neozygites fresenii* (Entomophthorales: Neozygitaceae). Biological Control, v. 14, n. 3, p. 181-185, 1999.

STEINKRAUS, D. C.; KRING, T. J.; TUGWELL, N. P. *Neozygites fresenii* in *Aphis gossypii* on cotton. Southwestern Entomologist, v.16, p. 118-122, 1991.

STEINKRAUS, D. C.; LORENZ, G. M. Extension based sampling service for cotton *aphid fungus*. Special Report Agricultural Experiment Station, n.1, p. 167-168, 1997.

STEINKRAUS, D. C.; OLIVER, J. B.; HUMBER, R. A.; GAYLOR, M. J. Mycosis of bandedwinged whitefly (*Trialeurodes abutilonea*) (Homoptera:

- Aleyrodidae) caused by *Orthomyces aleyrodis* gen. & sp. nov. (Entomophthorales: Entomophthoraceae). *Journal Invertebrate Pathology*, Orlando, v. 72, n. 1, p. 1-8, 1998.
- TAMAI, M. A. Avaliação de fungos entomopatogênicos para o controle de *Tetranychus urticae* Koch. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1997. 86 p.
- TAMAI, M. A.; ALVES, S. B.; LOPES, R. B.; RAMOS, E. Q. Controle microbiano de pragas em cultivos protegidos. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS, 6., 1999, Campinas, Anais... Campinas: Instituto Biológico/SEB, 1999. p. 28-34.
- TANADA, Y.; KAYA, H. K. *Insect pathology*. New York, Academic Press, 1993.
- VAECK, M.; REYNAERTS, A.; HOEFTE, H.; JANSSENS, S.; BEUCKELEER, M. de; DEAN, C.; ZABEAUM, M.; VAN MONTAGU, M.; LEEMANS, J. Transgenic plant protected from insect attack. *Nature*, v. 328, n. 6125, p. 33-37, 1987.
- WILSON, A. G. L.; GREENUP, L. R. The relative injuriousness of insect pests of cotton in the Namoi Valley, New South Wales. *Australian Journal of Ecology*, v. 2, p. 319-328, 1977.
- WRIGHT, J. E. Control of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) with Naturalis-L: a mycoinsecticide. *Journal of Economic Entomology*, v. 86, n. 5, p. 1355-1358, 1993.
- WRIGHT, J. E. Naturalis-L for control of the cotton insect complex in the lower Rio Grande Valley of Texas. *Proceedings Beltwide Cotton Conference Memphis, Tennessee*. v. 2, p. 1098-1101, 1994.
- WRIGHT, J. E.; BOUSE, L. F.; KIRK, I. W.; CARLTON, J. B.; FRANZ, E.; LATHEEF, M. A.; REKTORIK, R. Full season control of cotton insects in the Rio Grande Valley of Texas with Naturalis-L: an insect specific fungus.

Proceedings Beltwide Cotton Conference Memphis, Tennessee. v. 2, p. 849-855, 1993.

WRIGHT, J. E.; CHANDLER, L. D. Development of biorational mycoinsecticide: *Beauveria bassiana* conidial formulation and its application against boll weevil populations (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*, v. 85, n. 4, p. 1130-1135, 1992.

WRIGHT, J. E.; CHANDLER, L. D. Laboratory evaluation of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* against the boll weevil (Curculionidae: Coleoptera). *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 58, n. 3, p. 448-449, 1991.

WRIGHT, J. E.; KNAUF, T. A. Evaluation of Naturalis-L for control of cotton insects. Proceedings-Brighton Crop Protection Conference, Pests and Diseases, 1994, v. 1, p. 45-52, 1994.

YAMAMOTO, P. T.; BENETOLI, I.; FERNANDES, O. D.; GRAVENA, S. Efeito de *Bacillus thuringiensis* e inseticidas sobre curuquerê do algodoeiro *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) e artrópodos predadores. *Ecosistema*, n. 15, p.36-44, 1990.

YEARIN, W. C.; HAMM, J. J.; CARNER, G. R. Efficacy of *Heliothis* pathogens. In: JOHNSON, S. J.; KING, E. G.; BRADLEY, J. R. Theory and Tactics of *Heliothis* Management: 1 Cultural and Biological Control. v. 316, p. 92-103, 1986. (Southern Cooperative Series Bulletin).

Embrapa

Algodão

Ministério da Agricultura
e do Abastecimento

